

© EPODOC / EPO

PN - JP56111438 A 19810903  
PD - 1981-09-03  
PR - JP19800013626 19800208  
OPD - 1980-02-08  
TI - WHITEEXXRAYS STRESS MEASURING DEVICE  
AB - PURPOSE: To improve the stress measurement efficiency and measurement precision of a stress measuring device by constituting amplification and processing system in one system by using a couple of detectors formed from the same single crystal and having the same characteristics. CONSTITUTION: White X-rays radiated from white-X-rays source 2 strike sample 3 and are diffracted by sample 3. Those diffracted X-rays are detected by semiconductor detectors 4 and 5 made of the same single crystal. Their detection signals, after amplified by preamplifiers 6 and 7, are inputted to main amplifier 9 via the 1st multiplexer 8. The amplified signal is inputted to multichannel analyzer 11 for an energy analysis via the 2nd multiplexer synchronized with the 1st multiplexer 8. Analysis values of it are stored in memories 12 and 13 respectively and the stored values, when showing sufficient energy, are outputted to and analyzed by computer 14 to obtain the stress value of the sample. Thus, the efficiency and precision of the measurement can be improved.  
IN - HAYASHI MAKOTO; NEMOTO SADAO  
PA - HITACHI LTD  
EC - G01L1/25  
IC - G01L5/00

© PAJ / JPO

PN - JP56111438 A 19810903  
PD - 1981-09-03  
AP - JP19800013626 19800208  
IN - HAYASHI MAKOTO; others: 01  
PA - HITACHI LTD  
TI - WHITE-X-RAYS STRESS MEASURING DEVICE  
AB - PURPOSE: To improve the stress measurement efficiency and measurement precision of a stress measuring device by constituting amplification and processing system in one system by using a couple of detectors formed from the same single crystal and having the same characteristics.  
- CONSTITUTION: White X-rays radiated from white-X-rays source 2 strike sample 3 and are diffracted by sample 3. Those diffracted X-rays are detected by semiconductor detectors 4 and 5 made of the same single crystal. Their detection signals, after amplified by preamplifiers 6 and 7, are inputted to main amplifier 9 via the 1st multiplexer 8. The amplified signal is inputted to multichannel analyzer 11 for an energy analysis via the 2nd multiplexer synchronized with the 1st multiplexer 8. Analysis values of it are stored in memories 12 and 13 respectively and the stored values, when showing sufficient energy, are outputted to and analyzed by computer 14 to obtain the stress value of the sample. Thus, the efficiency and precision of the measurement can be improved.  
- G01L5/00

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑮ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報 (A)

昭56-111438

⑯ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 L 5/00

識別記号  
厅内整理番号

7409-2F

⑯ 公開 昭和56年(1981)9月3日

発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

④ 白色X線応力測定装置

② 特 願 昭55-13626

② 出 願 昭55(1980)2月8日

② 発明者 林真琴

土浦市神立町502番地株式会社  
日立製作所機械研究所内

⑦ 発明者 根本貞夫

土浦市神立町502番地株式会社  
日立製作所機械研究所内

⑦ 出願人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5  
番1号

⑦ 代理人 弁理士 高橋明夫

明細書

発明の名称 白色X線応力測定装置

特許請求の範囲

1. 白色X線を照射した試料の異なる回折面からの回折X線のエネルギーピーク位置の差より上記試料の応力を測定する白色X線応力測定装置において、1つの白色X線源に対して等しい回折角となる方向に同一特性をもつ一対の半導体検出器を配置し、この一対の半導体検出器の信号をそれぞれの前置増幅器で増幅した後第1のマルチプレッカサを介して主増幅器に入力し、この主増幅器で増幅した信号を上記第1のマルチプレッカサと同期させた第2のマルチプレッカサを介してマルチチャンネルアナライザに入力してエネルギー分析を行つた後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させて上記一対の半導体検出器よりのそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときは、上記一対の記憶装置の上記記憶値をコンピュータに出力して解析し、上記一対の半導体検出器で検出した

上記回折X線のエネルギーピーク位置を比較するごとく構成したことを特徴とする白色X線応力測定装置。

2. 上記一対の半導体検出器が、一個の単結晶を用いて作成された検出器である特許請求の範囲第1項記載の白色X線応力測定装置。

3. 白色X線を照射した試料の異なる回折面からの回折X線のエネルギーピーク位置の差より上記試料の応力を測定する白色X線応力測定装置において、1つの検出器に対して回折角が等しくなる方向に一対の白色X線源を設置すると共に、この一対の白色X線源より放射される上記白色X線を交互に遮断するシャッタを設け、上記検出器の信号を前置増幅器と主増幅器とによつて増幅した後上記シャッタに同期させたマルチプレッカサを介してマルチチャンネルアナライザに入力してそれぞれのエネルギー分析を行つた後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させてそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときには、上記一対の記憶装置の記

特開昭56-111438(2)

時間的変動を除くことは極めて困難で、従来は高精度な測定結果を得ることはできなかつた。

また、従来の装置として2個の白色X線源と1個の検出器を用いた白色X線応力測定装置も実用されている。これは2個の白色X線源に交互に高電圧を短時間に切換えて供給するX線放射時間制御装置を用いていたが、X線管に短時間で高電圧を負荷できるのは最大30KV程度であるので、測定に必要な強い白色X線は得られない。したがつて測定精度も低かつた。なお、白色X線源には60KV以上の高電圧を負荷する必要がある。

このように従来の白色X線応力測定装置は、等しい特性のX線検出器を得ること、強力な白色X線を一对のX線源から交互に得ることが困難で、十分な測定精度が得られないという欠点をもつていた。

本発明は迅速かつ高精度に試料中の応力を測定することができる白色X線応力測定装置を提供することを目的とし、その第1の特徴とするところは、1つの白色X線源に対して等しい回折角とな

値をコンピュータに出力して解析し、上記回折X線のエネルギーピーク位置を比較するごとに構成したことを特徴とする白色X線応力測定装置。

4. 上記一对の白色X線源が、測定中は常時点灯させているX線源である特許請求の範囲第3項記載の白色X線応力測定装置。

#### 発明の詳細な説明

本発明は金属材のひずみを非破壊的に検査する白色X線応力測定装置に関するものである。

従来の白色X線応力測定装置は、1個の白色X線源からの白色X線を試料面に照射し、試料面法線と回折面法線とのなす傾角 $\phi$ が異なる場所からの回折線を回折角 $\theta$ が等しい方向に設置した一对の検出器で検出して増幅し比較測定していた。一般に増幅器の利得は精密に調整することができるが、白色X線応力測定装置においてはエネルギー較正を1万分の1以下の精度で行う必要があり、一对の検出器の特性を揃えることは困難である。例えば、検出器の温度による変動や増幅器を含めた

る方向に同一特性をもつ一对の半導体検出器を配置し、この一对の半導体検出器の信号をそれぞれの前置増幅器で増幅した後第1のマルチプレッサを介して主増幅器に入力し、この主増幅器で増幅した信号を上記第1のマルチプレッサと同期させた第2のマルチプレッサを介してマルチチャネルアナライザに入力してエネルギー分析を行つた後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させて一对の半導体検出器よりのそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときは、一对の記憶装置の記憶値をコンピュータに出力して解析し、一对の半導体検出器で検出した回折X線のエネルギーピーク位置を比較するごとに構成したことにある。

また、第2の特徴とするところは、1つの検出器に対して回折角が等しくなる方向に一对の白色X線源を設置すると共に、この一对の白色X線源より放射される白色X線を交互に遮断するシャッタを設け、検出器の信号を前置増幅器と主増幅器とによつて増幅した後シャッタに同期させたマル

チプレックサを介してマルチチャネルアナライザに入力してそれぞれのエネルギー分析を行つた後、このエネルギー分析値をそれぞれの記憶装置に記憶させてそれぞれの記憶値が十分なエネルギー強度となつたときは、一对の記憶装置の記憶値をコンピュータに出力して解析し、回折X線のエネルギーピーク位置を比較するごとに構成したことにある。

次に白色X線応力測定法の基本式を示す。

$$\lambda = 2d \sin \theta \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

但し、 $\lambda$ はX線の波長 (Å)

$d$ は格子面間隔 (Å)

$\theta$ は回折角

であり、(1)式はブラッグ (Bragg) の回折条件式と呼ばれている。

$$\lambda = \frac{hc}{E^n} = \frac{12398}{E^n} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

但し、 $E^n$ はX線のエネルギー (keV)

$h$ はプランク定数

$c$ は光速度

であり、(1)、(2)式から次式が得られる。

$$d = \frac{6.199}{E n \sin \theta} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

白色X線応力測定法は、回折角 $\theta$ を一定としエネルギー $E_n$ を測定することにより格子面間隔、即ち回折面間隔 $d$ を測定し、試料の応力を知る方法である。

上記(3)式を微分すると、(3)'式が得られる。

$$\Delta d = -\frac{6.199}{E n^2 \cdot \sin \theta} \cdot \Delta E_n \quad \dots \dots \dots \quad (3)'$$

この(3)'式を(3)式で割ると(4)式が得られる。

$$\frac{\Delta d}{d} = -\frac{\Delta E_n}{E_n} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

即ち、 $\Delta d/d$ は試料のひずみであり、このひずみはエネルギー $E_n$ の変化割合 $|\Delta E_n/E_n|$ に比例することを示している。

さて、弾性力学によれば、試料表面の法線方向の応力を零と見做すと、X方向の応力 $\sigma_x$ とX方向を含む試料面法線面内において試料面法線から $\varphi$ だけ傾斜した方向のひずみ $\epsilon_\varphi$ との関係は(5)式で示される。

する場合には、回折線ピーク位置の差 $\Delta E_n$ を正確に求めることができ肝要でエネルギー位置 $E_n$ の絶対値そのものを正確に求める必要はない。

しかるに、白色X線源1個、検出器2個の場合は2個の検出器のエネルギー較正を極めて正確に行うこと必要となる。例えば炭素鋼の弾性定数は $E = 21000 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\nu = 0.28$ であり、仮に回折エネルギー10keVの回折面について $\varphi$ 角を $0^\circ$ と $45^\circ$ とに設定して応力測定する場合は、測定精度を特性X線応力測定法相当の $1 \text{ kg/mm}^2$ にしようとすれば(7)式より $\Delta E_n$ は約 $0.3 \text{ eV}$ という小さい値となる。したがつて2個の検出器のエネルギー較正を10万分の3以下の差にする必要がある。

現在市販されている純Ge検出器の分解能はFWHM(半値幅)で $145 \text{ eV}$ が最良であり、温度によるドリフトも約 $3 \times 10^{-6}/\text{°C}$ である。一方、検出信号を增幅する増幅器の直線性は士 $0.05\%$ であり、安定性も士 $0.0075\%/\text{°C}$ であり、10万分の3程度の精度を得るのは困難である。

$$\sigma_x = -\frac{E}{1+\nu} \frac{\partial \epsilon_\varphi}{\partial \sin^2 \varphi} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

但し、 $E$ と $\nu$ は弾性定数である。

即ち、(5)式より $\varphi$ の異なる方向のひずみ $\epsilon_\varphi$ を求めることにより応力 $\sigma_x$ が求められる。また、 $\epsilon_\varphi$ は次式で求められる。

$$\epsilon_\varphi = \frac{d_\varphi - d_0}{d_0} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

但し、 $d_\varphi$ は $\varphi$ 方向に法線をもつ回折面の面間隔 $d_0$ は無ひずみ状態における回折面間隔である。(4)式を(6)式に代入し、更に(5)式に代入すれば(7)式が得られる。

$$\sigma_x = -\frac{E}{1+\nu} \frac{1}{E_n} \frac{\partial E_n}{\partial \sin^2 \varphi} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

この(7)式は白色X線応力測定法の基本式であり、異なる $\varphi$ 角におけるエネルギーピーク位置を測定してエネルギー $E_n$ と $\sin^2 \varphi$ との関係線図を描き、その勾配から応力 $\sigma_x$ が求められることを示している。したがつて、白色X線源1個、検出器1個を用いた測定装置で異なる $\varphi$ 角の回折ピークを測定

する。即ち、従来の検出器2個を用いた白色X線応力測定装置では高精度の測定を行うことができなかつた。本発明はこの点に着目し、同一半導体から製作された特性の等しい一対の半導体検出器を用いるか、或いは1個の検出器を用いるようにしている。

第1図は本発明の一実施例である白色X線応力測定装置の系統図である。高圧電源1によつて励起された白色X線源2から放射する白色X線は試料3を照射し、試料3によつて回折される。この回折X線は検出器4、5によつて検出されるが、この検出器4、5は温度特性や出力特性を等しくするために同一単結晶から作成された半導体検出器である。検出器4、5の検出信号は前置増幅器6、7でそれぞれ増幅された後、マルチプレッサ8を経て主増幅器9に入る。マルチプレッサ8では2個の検出器4、5からの信号を時間分割して主増幅器9に送り込んでいる。主増幅器9で増幅された信号は、マルチプレッサ8と同期して作動しているマルチプレッサ10を通りマル

チチャンネルアナライザ 11 に入る。ここでエネルギー分析された信号はマルチブレックサ 10 の指示により、検出器 4 からの信号が流れている場合はマルチチャンネルアナライザ 11 内のメモリ 12 に蓄えられ、検出器 5 からの信号が流れている場合はマルチチャンネルアナライザ 11 内に設けられたメモリ 13 に蓄えられる。

このようにして蓄えられた回折線のエネルギーピークが所定の値となつた時点で検出動作を止め、メモリ 12, 13 内のデータをマイクロコンピュータ 14 に送り解析して試料の応力値を算出する。このようにすれば従来の白色 X 線源 1 個、検出器 1 個の場合のように、X 線入射角を変更する必要がないので測定能率は向上する。

本実施例の白色 X 線応力測定装置は、1 個の白色 X 線源から放射された異なる試料場所の回折 X 線を、同一単結晶から作成された物理的特性の等しい一対の半導体検出器で検出し、その検出信号を時分割処理してエネルギー分析を行うことによつて、白色 X 線源 1 個、検出器 1 個と同等の試料応

出され、单一の前置増幅器 6、主増幅器 9 で增幅される。この信号はシャッタ 17, 18 と同期して作動するマルチブレックサ 10 を通りマルチチャンネルアナライザ 11 でエネルギー分析される。この分析信号はマルチブレックサ 10 の指示により、白色 X 線源 2 からの X 線が照射されている時はメモリ 12 にデータを蓄え、白色 X 線源 16 からの X 線が照射されている時はメモリ 13 にデータを蓄える。このようにして蓄えたエネルギーピーク強度が所定値に達したときは、そのデータをマイクロコンピュータ 14 に送つて解析し試料の応力値を算出する。このようにすれば、従来の 1 個の白色 X 線源と 1 個の検知器を用いた場合のように、X 線入射角を変更する必要がないので測定能率は向上する。

本実施例の白色 X 線応力測定装置は、2 個の白色 X 線源から放射され異なる試料場所で回折し 1 個の検出器に入射する回折 X 線を交互に検出し、その検出信号を時分割処理してエネルギー分析を行うことによつて、1 個の白色 X 線源と 1 個の検出

力測定精度が得られると共に、測定能率が向上するという効果をもつている。

第 2 図は本発明の他の実施例である白色 X 線応力測定装置の系統図で、第 1 図と同じ部分には同一符号を付してある。この場合は 2 個の白色 X 線源と 1 個の検出器を用いたもので、高圧電源 1, 15 によつて励起させられた白色 X 線源 2, 16 から放射された白色 X 線は、シャッタ 17, 18 によつて交互に遮断され試料 3 を照射する。即ち、異なる方向から照射した白色 X 線は試料 3 の異なる場所から同一方向の回折 X 線を生じさせ、單一の検出器 4 によつて交互に検出している。このとき検出される回折 X 線の強度がほぼ等しくなるよう高圧電源 1, 15 を調節し、常時点灯させている。なお、シャッタ 17, 18 はソレノイドを用いて往復運動させるか、円板に半円形の穴を設けたセクタをモーターで回転させ、一方の放射口が開いている時は他方の放射口を必ず閉じるようにしている。

試料 3 で回折された一対の X 線は検出器 4 で検

器を用いたと同等の試料応力測定精度が得られると共に、測定能率が向上するという効果をもつている。

上記実施例で説明したように、第 1 図の装置は同一単結晶から作成された一対の特性の等しい検出器を用い、増幅・処理系を 1 系統としている。また、第 2 図の装置はほぼ等しい X 線強度の一対の白色 X 線源を用い 1 個の検出器の信号を時分割処理している。このようにすることによつて、白色 X 線源 1 個、検出器 1 個の場合のように、試料又は白色 X 線源と検出器とを同時に動かす必要がなく、測定操作は簡単となる。また、従来の白色 X 線源或いは検知器のいずれかを一对設けた場合に比べて、測定精度は大幅に向上している。

本発明の白色 X 線応力測定装置は、測定中に移動操作を行うことなく迅速高精度に試料中の応力を測定することができるという効果をもつている。

#### 図面の簡単な説明

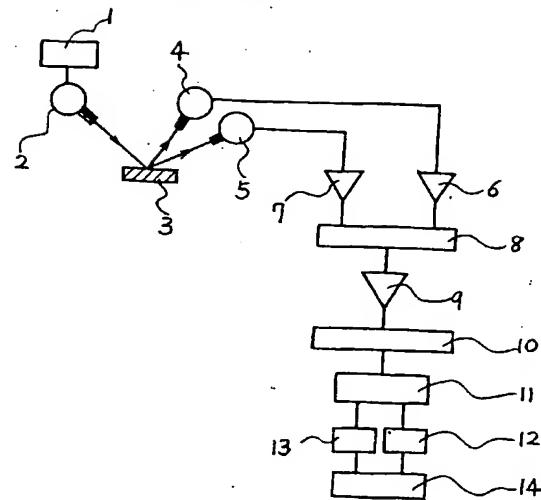
第 1 図は本発明の一実施例である白色 X 線応力測定装置の系統図、第 2 図は本発明の他の実施例

である白色X線応力測定装置の系統図である。

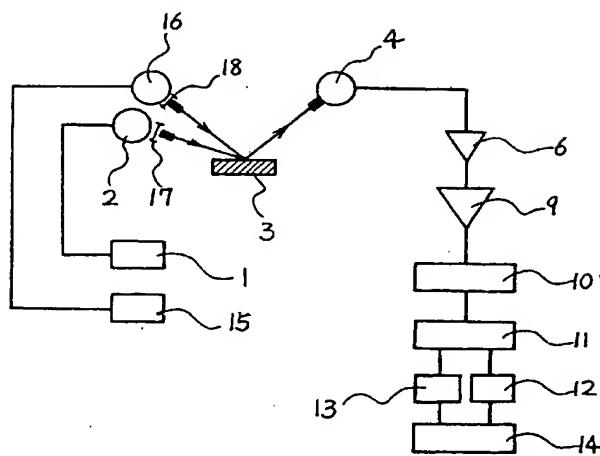
1, 15…高圧電源、2, 16…白色X線源、3…試料、4, 5…検出器、6, 7…前置増幅器、8, 10…マルチプレッカサ、9…主増幅器、11…マルチチャンネルアナライザ、12, 13…メモリ、14…マイクロコンピュータ、17, 18…シャッタ。

代理人 弁理士 高橋明夫

第1図



第2図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**